

کارایی روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره در پهنه‌بندی مناطق بهینه زمین شهری (مطالعه موردی؛ شهر دیواندره)

عزت اله فنواتی^{۱*}، امیر کرم^۲، هاشم حسینی^۳، ابراهیم تقوی مقدم^۴، سید عبدالسلام
حیدری^۳

۱- دانشیار دانشگاه خوارزمی

۲- استادیار دانشگاه خوارزمی

۳- کارشناس ارشد ژئومورفولوژی، دانشگاه خوارزمی

۴- دانشجوی دکتری ژئومورفولوژی، دانشگاه حکیم سبزواری

۳- کارشناس ارشد ژئومورفولوژی، دانشگاه خوارزمی

پذیرش مقاله: ۱۳۹۰/۱۰/۲۰

تأیید نهایی مقاله: ۱۳۹۱/۶/۸

چکیده

امروزه با توجه به ابعاد پیچیده مسائل شهری و دخالت متغیرهای مختلف به ویژه فاکتورهای طبیعی در امر برنامه‌ریزی شهری از مدل‌ها و روش‌های خاصی استفاده می‌کنند. سیستم اطلاعات جغرافیایی و روش تصمیم‌گیری چندمعیاره در کنار هم می‌توانند ابزار مفیدی در رابطه با مطالعه پهنه‌بندی توسعه آتی شهر به شمار روند. شهر دیواندره گره اتصالی استان کردستان و یک شهر نوپا به شمار می‌رود، که در یک منطقه کاملاً کوهستانی واقع شده است. در این تحقیق پس از شناسایی و مطالعه عوامل موثر بر اساس ویژگی‌های توپوگرافی و ژئومورفولوژیکی در روند توسعه شهر، با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی و فرایند تحلیل سلسله مراتبی، پهنه‌بندی مناطق مستعد توسعه فیزیکی شهر انجام گرفته است. بر پایه نتایج حاصل از تحلیل و مدل‌سازی با استفاده از ابزار سیستم اطلاعات جغرافیایی و نرم افزار Expert choice، نقشه پهنه‌بندی تناسب زمین در شهر دیواندره تهیه شده است. در این زمینه از روش ماتریس جهت وزن‌دهی دو به دویی بین شاخص‌ها استفاده شده است. سپس با اعمال ضریب شاخص و هم پوشانی آن‌ها، نقشه نهایی تناسب زمین به ۵ کلاس تناسب، طبقه‌بندی شده که با توجه به آن ۲۸/۲ درصد از محدوده مطالعاتی (۳۳/۸ کیلومترمربع) در کلاس با تناسب زیاد و خیلی زیاد قرار گرفته که به ترتیب اهمیت در نواحی جنوب شرقی و شرق منطقه مورد مطالعه می‌باشند.

واژگان کلیدی: تصمیم‌گیری چند معیاره، پهنه بندی، تناسب زمین، AHP، دیواندره

مقدمه

ایجاد شهرها و شهرکها در کنار سکونتگاههای اولیه از پیامدهای ازدیاد جمعیت و نیاز روزافزون انسان برای فضای بهتر جهت ادامه حیات می باشد. استقرار شهرها و طراحی آنها همیشه با برنامه-ریزی و مطالعات دقیق همراه نبوده است. گاهی اوقات مسائل غیرقابل پیش بینی در روند ساخت این سکونتگاهها یا بعد از استقرار آنها انسان و محیط او را تهدید می کند. پیچیدگی عوامل طبیعی و ارتباط تنگاتنگ آنها با همدیگر مسائل ناشی از آنها را به مراتب پیچیده تر خواهد کرد (رجائی، ۱۳۸۷). این گونه مسائل و مشکلات به دلیل عدم مدیریت درست و شناخت مطلوب از زمین و عوارض ناشی از آن در کشورهای جهان سوم بیشتر دیده می شود (روستائی و جباری، ۱۳۸۶). توجه به عوامل طبیعی، جغرافیائی و محیطی از این جهت که این عوامل بستر و جایگاه اصلی شهر را تشکیل داده و علاوه بر آن می تواند کلیه عناصر و اجزای طراحی شهری نظیر مکان، شکل، ساختار و بافت شهر را تغییر دهد حائز اهمیت است. به طوری که امروزه کلیه تفکرات برنامه ریزی شهری نقش طبیعت و عوامل اکولوژیک را اساسی ترین عوامل تاثیرگذار فرایند توسعه شهری می دانند. با توجه به ابعاد پیچیده مسائل شهری و دخالت متغیرهای مختلف به ویژه فاکتورهای طبیعی در امر برنامه ریزی شهری از مدل ها و نرم افزارهای مختلف برای برنامه ریزی استفاده می نمایند که سیستم اطلاعات جغرافیائی ابزاری قدرتمند در پاسخگویی به نیازهای مطالعاتی و کاربردی به خصوص تعیین جهات مناسب گسترش شهری محسوب می شود. هدف اصلی در مکان یابی به عنوان یک تحلیل مکانی متداول در GIS جلوگیری از هدر رفتن زمان و هزینه ها و تعیین حداکثر کارائی است (حسینی،

۱۳۹۰). همان طوری که مسائل مربوط به فرم و فرایند های زمین و استقرار شهر و توسعه آن از پیچیدگی خاصی برخوردار است لذا باید از ترکیب و یکپارچه سازی تحلیل تصمیم چند معیاری^۱ و سیستم اطلاعات جغرافیائی برای ارزیابی دقیق آن ها جهت تصمیم گیری مناسب بهره جست (مالچفسکی، ۱۳۸۵). ترکیب سیستم اطلاعات جغرافیائی و تکنیک های چند معیاره کیفیت تصمیم گیری را در آنالیزهای مکانی افزایش می دهد (Gomes and Estallialins, 2002). حل یک مسئله تصمیم گیری با معیارهای چندگانه^۲ از دهه ۱۹۷۰ شروع شد و در دهه ۱۹۸۰، جهان با تغییر و تحولات شگرف در این نوع فرایندهای تصمیم گیری روبرو شد. (اصغریور، ۱۳۷۷).

روش های تصمیم گیری چند معیاره یا چند شاخصه مبنای برای انتخاب کردن، رتبه بندی، غربال زنی، اولویت بندی و طبقه بندی بر اساس گزینه های محدود و قابل دسترس است که از طریق منظور کردن پاره ای از شاخص ها اعم از شاخص های چندگانه، متضاد، وزنی و نامتقارن صورت می گیرد (Topcu and Iker, 2007). مدل ترکیبی چند شاخصه و سیستم اطلاعات جغرافیائی نه تنها مبنائی را در بعد فضائی در مرحله شناخت وضع موجود بلکه جهت تصمیم گیری برای چگونگی مداخله در فضای جغرافیائی فراهم می آورد (رهنما و همکاران، ۱۳۸۷). در این خصوص شناخت انواع تصمیم گیری های چند شاخصه، روش های انتخاب تکنیک ها و مدل های تصمیم گیری، چگونگی انتخاب شاخص ها نوع و نحوه بهنجار سازی شاخص و مقیاس های اندازه گیری از گام های اولیه کاربرد روش های تصمیم گیری چند شاخصه در اولویت بندی پدیده های

1- Multi-Criteria Decision Making

2- MCDM

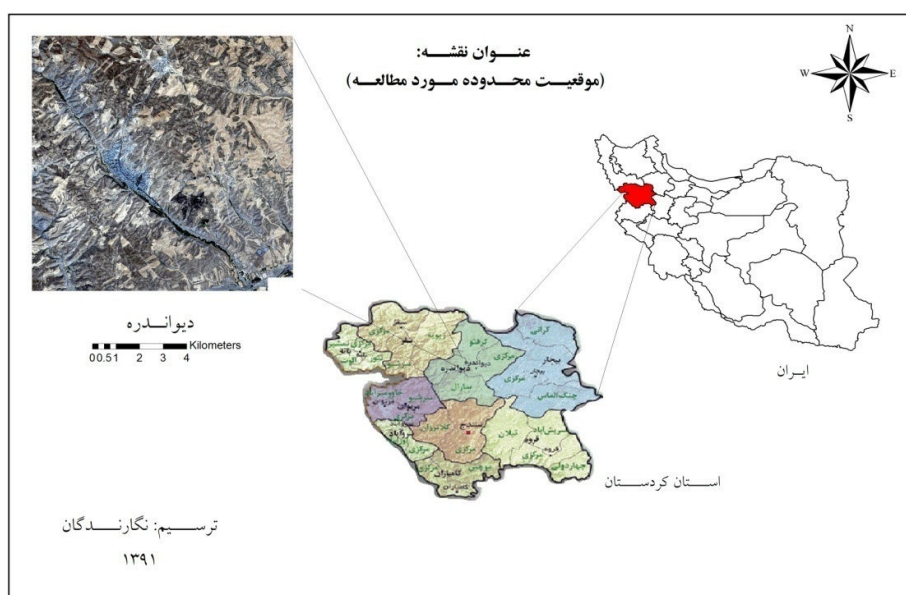
آن در ارتباط با آمایش زمین شهری می‌باشد. قنواتی (Ghanavati, ۲۰۰۸) پهنه‌بندی زمین لغزش را در حوضه رودخانه جاجرود با استفاده از مدل تحلیل سلسله مراتبی مورد بررسی و مطالعه قرار داده است. لطفی و همکاران (Lotfi et al., ۲۰۰۹) توسعه زمین شهری را با روش تصمیم‌گیری چندمعیاره و GIS در شهر بابلسر انجام داده و بخش‌های جنوبی شهر را به عنوان اراضی مستعد معرفی کرده‌اند. سرور (۱۳۸۳) برای مکانیابی جهت توسعه آبی شهر میاندوآب از مدل تحلیل سلسله مراتبی کمک گرفته است. عبداللهی (۱۳۸۳) الگوی توسعه فیزیکی و تعیین مکان بهینه جهت توسعه شهر کنگان را با تحلیل سلسله مراتبی مشخص کرده است. کرم و محمدی (۱۳۸۸) با مدل تحلیل سلسله مراتبی ارزیابی و پهنه بندی تناسب زمین را جهت توسعه فیزیکی شهر کرج و اراضی پیرامونی بر پایه فاکتورهای طبیعی تحلیل کرده اند. رهنما و همکاران (۱۳۸۷) در مقاله‌ای تحت عنوان شناسایی نقاط اولویت دار توسعه محلات مراکز شهری از تلفیق مدل تحلیل سلسله مراتبی و سیستم اطلاعات جغرافیایی در محله پاچنار استفاده کرده اند. صدوق ونینی و همکاران (۱۳۸۶) با استفاده از مدل تحلیل سلسله مراتبی در نرم افزار GIS پهنه‌بندی زمین را جهت توسعه فیزیکی شهر شیراز بر پایه هشت معیار ارزیابی کرده و سه پهنه تناسب را معرفی کرده است. قنواتی و همکاران (۱۳۹۰) کاربرد روش تحلیل سلسله مراتبی را در مطالعات سیل‌خیزی مورد بررسی قرار داده‌اند. ولیخانی و همکاران (۱۳۹۰) کاربرد سیستم اطلاعات جغرافیایی و تصمیم‌گیری چندمعیاره را در پهنه‌بندی درجه تناسب توسعه فیزیکی اراضی شهری شمال کرج بررسی کرده‌اند. در این تحقیق نیز سعی شده است با تلفیق سیستم اطلاعات

جغرافیایی محسوب می‌شود. (پورطاهری، ۱۳۸۹، ص ۲۰). فرایند تحلیل سلسله مراتبی به عنوان یکی از معروفترین فنون تصمیم‌گیری چند منظوره برای وضعیت‌های پیچیده ای که سنجه-های چندگانه و متضادی دارند، ابزار تصمیم‌گیری نرمش پذیر و در عین حال قوی به شمار می‌رود. مدل تحلیل سلسله مراتبی یک روش ریاضی جهت تعیین اهمیت و تقدم معیارها در فرآیند ارزیابی و تصمیم‌گیری است (کرم، ۱۳۸۴). فرایند تحلیل سلسله مراتبی با توجه به سادگی، انعطاف پذیری به کارگیری معیارهای کمی و کیفی به طور هم زمان و نیز توانایی بررسی سازگاری در قضاوت ها می تواند در بررسی موضوعات مربوط به مکانیابی کاربرد مطلوبی داشته باشد (Hill and Brateen, 2005). این مدل برای اولین بار در سال ۱۹۸۰ توسط ال. ساعتی برای بیان تصمیم‌گیری‌های چندمعیاره پیشنهاد شد و سپس کاربردهای متفاوتی در علوم مختلف داشته است. اخیراً از این مدل در تحقیقات متنوعی استفاده شده که از جمله آنها می‌توان به کار انا اس. زی پینسکا و همکاران Anna (Szczybinska et al., 2008) اشاره کرد که دسترسی به بازار را در ارتباط با مدل تصمیم‌گر تحلیل سلسله مراتبی مورد مطالعه قرار داده اند. خیونگ ینگ و همکاران Xiong Ying et al., (2007) با تلفیق مدل تحلیل سلسله مراتبی و سیستم اطلاعات جغرافیایی ارزیابی ترکیبی از خصوصیات محیطی-اقتصادی استان هونان در کشور چین را انجام داده اند. دای و همکاران Dai (et al., 2001) در ارزیابی زیست‌محیطی کاربری اراضی شهری در شمال غربی چین نشان داده‌اند که سیستم اطلاعات جغرافیایی و روش تصمیم-گیری چندمعیاره ابزاری مفید و قدرتمند برای ارزیابی زمین با توجه به ویژگی‌های زیست‌محیطی

محدوده مورد مطالعه بین ۳۵ درجه و ۵۲ دقیقه تا ۳۵ درجه و ۵۸ دقیقه عرض شمالی و ۴۶ درجه و ۵۸ دقیقه تا ۴۷ درجه و ۶ دقیقه طول شرقی از نصف النهار گرینویچ واقع شده است مساحت محدوده مورد مطالعه حدود ۱۲۰ کیلومترمربع می باشد (شکل ۱). شهر دیواندره در فواصل ۹۵ کیلومتری بین دو شهر بزرگ استان کردستان یعنی سقز در شمال و سنندج در جنوب واقع شده است.

جغرافیایی و روش تصمیم چندمعیاره ارزیابی و تحلیل روی عوامل طبیعی موثر در توسعه آتی شهر دیواندره صورت گیرد و نقشه پهنه بندی تناسب زمین شهری با توجه به نتایج حاصل از روش مذکور تهیه شود.

مواد و روش‌شناسی منطقه مورد مطالعه



شکل ۱- محدوده منطقه مور مطالعه

جزو زون ایران مرکزی محسوب می شود. این محدوده در حاشیه شمال باختری نوار دگرگونی سنندج - سیرجان قرار دارد که در تلاقی با زون البرز- آذربایجان و همچنین زون سنندج-سیرجان واقع گشته و از فعالیت های آن بی تاثیر نبوده است. به صورتی که نشانه هائی از چین خوردگی، دگرگونی و فعالیت های آتشفشانی به صورت پراکنده در منطقه به چشم می خورد (حسینی، ۱۳۹۰). از لحاظ اقلیمی دارای رژیم آب و هوایی نیمه خشک سرد بوده که مجموع بارش سالانه طی دوره ۳۰ ساله، حدود ۴۰۰ میلی متر و میانگین درجه حرارت آن ۷/۷ درجه سانتی گراد با

شهرستان دیواندره با مساحت ۴۲۳/۳ کیلومترمربع ۱۴/۹ درصد از کل مساحت استان را شامل می شود. به علت وجود دشتهای بسیار وسیع اوباتو و سارال از مراکز اصلی تولید گندم و دامداری استان کردستان است و این فعالیتها در زندگی مردم این منطقه نقش اساسی دارد. اصلی ترین شاخص طبیعی اطراف شهر دیواندره در بخش غربی رشته کوههای زاگرس و در بخش شرقی زمین های نه چندان هموار و پست می باشد. در واقع شهر دیواندره مرز بین کوههای مرتفع و ناهموار بخش غربی و بخش هموار شرقی است. از لحاظ زمین شناسی محدوده مطالعاتی

های مورد نظر جهت انجام تحقیق می‌باشند. برای پهنه‌بندی تناسب زمین شهری ۸ شاخص در نظر گرفته می‌شود که شامل؛ لایه های مدل رقومی ارتفاعی، شیب، جهت شیب، لیتولوژی، فاصله از گسل، فاصله از سکونتگاه، فاصله از راه ارتباطی، و فاصله از آبراهه می باشد. این شاخص ها در ارتباط با وضعیت توپوگرافی و ژئومورفولوژیک منطقه و بیشتر بر اساس فاکتورهای طبیعی و همچنین برخی عوامل موثر انسانی مرتبط با نوع تحقیق و هدف آن در نظر گرفته شده اند. به منظور تهیه این لایه ها ابتدا تمامی نقشه ها و تصاویر به محیط ArcGIS 10 آورده شده و سپس بر مبنای سیستم تصویر مرکاتور (UTM)، Zone 38, WGS 1984 تعریف شده‌اند. در این جا ضرورت دارد که همه لایه‌های تولید شده در محیط GIS برای انجام و آماده‌سازی جهت اعمال مدل تحلیل سلسله مراتبی به لایه‌های از نوع Features و به شکل پلی گون تبدیل شوند. لایه‌های از نوع رستری بعد از طبقه‌بندی (متناسب با روش کار و هدف تحقیق) با استفاده از ابزار Raster to features به پلی گون تبدیل می‌شوند. مدل رقومی ارتفاعی، شیب و جهت شیب از این طریق جهت مدل سازی آماده می شوند. سایر لایه‌های خطی و نقطه‌ای با استفاده از تحلیل بافر به صورت پلی گون درمی‌آیند. نقاط لرزه‌خیزی منطقه مورد مطالعه بعد از میان یابی بر روی آن و تبدیل به لایه رستر، طبقه‌بندی شده و به صورت لایه مورد نیاز جهت پردازش و تحلیل در GIS آماده شده و با استفاده از مدل تحلیل سلسله مراتبی وزن دهی لایه صورت گرفته و پهنه‌بندی تناسب زمین توسعه شهری انجام می‌گیرد. جهت وزن دهی لایه ها از چندین کارشناس متخصص (زمین شناس، برنامه ریز شهری، کارشناس منابع طبیعی در زمینه آبخیزداری، کارشناس مسکن و

تعداد ۱۲۹ روز یخبندان می‌باشد (سازمان هواشناسی استان کردستان، ۱۳۸۸). پوشش گیاهی منطقه مورد مطالعه نیز اغلب شامل کشت دیم و کمی بوته دار می باشد. مراتع موجود در بخش غربی محدوده مطالعاتی (منطقه سارال) جزو مراتع درجه یک استان به شمار می روند.

بر پایه نتایج سرشماری عمومی نفوس و مسکن سال ۱۳۸۵ از کل جمعیت که حدود ۸۲۷۴۱ نفر می باشد، حدود ۲۵۰۸۲ آنرا جمعیت شهری و ۵۷۶۵۹ آنرا جمعیت روستائی تشکیل می دهد جمعیت در سال ۱۳۴۵، ۱۸۲۲ نفر بوده که حاکی از افزایش ۱۳ برابری در چهار دهه مورد نظر می‌باشد. (طرح جامع شهرستان دیواندره، ۱۳۸۵). ارتباط چهار سویه شهر دیواندره با شهرهای سنندج، سقز، دهگلان، بیجار یک گره اتصالاتی به شمار می‌رود. ایجاد ارتباط بین دیواندره و مریوان تنها خلاء ارتباطی این شهر است که با احداث آن شهر دیواندره به مهمترین گره ارتباطی استان تبدیل خواهد شد. تقویت محورهای ارتباطی شرقی- غربی استان شامل محور زنجان- بیجار- دیواندره، ارتباط استان از طریق دیواندره با محور توسعه شمال غرب ایران را تسهیل می کند.

مواد و روش

جهت پهنه بندی مناطق بهینه شهری از عوامل توپوگرافی و مرتبط با ژئومورفیک منطقه استناد شده است. داده های مورد نظر از طریق روش کتابخانه ای، مراجعه به سازمان ها و ادارات، سایت های اینترنتی و مشاهدات میدانی اقدامات لازم انجام گرفته است. برای انجام فرایند کار از نقشه ها، تصاویر ماهواره ای و داده ها استفاده شده است. نقشه‌های توپوگرافی با مقیاس ۱:۵۰۰۰۰، نقشه‌های زمین شناسی با مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰، تصویر ماهواره ای Ikonos مربوط به سال ۲۰۰۴ و در نهایت داده های مربوط به ثبت زلزله، داده-

مرحله اهمیت، ارجحیت و درست نمایی است (تویچی ثانی، ۱۳۸۹).

مراحل مختلف این مدل شامل موارد زیر می باشد:

۱- ساختن سلسله مراتبی: تبدیل موضوع یا مسئله مورد بررسی به ساختار سلسله مراتبی مهمترین قسمت تحلیل سلسله مراتبی محسوب می شود. زیرا در این قسمت با تجزیه مسائل مشکل و پیچیده مدل آن ها را به شکلی ساده که با ذهن و طبیعت انسان مطابقت داشته باشد، تبدیل می کند. سلسله مراتبی یک نمایش گرافیکی از مسأله پیچیده واقعی می باشد که در رأس آن هدف کلی مسئله و در سطوح بعدی معیارها و گزینه ها قرار دارند. در این تحقیق تناسب زمین جهت توسعه فیزیکی شهر دیواندره در رأس سلسله مراتب قرار می گیرد و معیارهائی همچون شیب، ارتفاع، فاصله از گسل، کاربری اراضی و غیره به عنوان سطوح دوم (معیارها) در این ساختار قرار می گیرند. به طور کلی یک سلسله مراتبی می تواند به صورت زیر باشد (شکل ۲).

مدل تحلیل سلسله مراتبی هم توانائی مکان یابی نقطه ای و هم توانائی مکان یابی پهنه ای را دارد. برای مثال بحث مکانیابی تحت عنوان مکان یابی نقطه ای و مکان یابی توسعه فیزیکی شهر که هدف این تحقیق می باشد، مکان یابی پهنه ای می باشد و براساس آن اولویت بندی صورت می گیرد. در جدول گزینه های ۱ و ۲ و ۳ و n در ارتباط با مکانیابی نقطه ای و گزینه های A, B, C, n همان پهنه های اولویت دار می باشند.

۲- محاسبه وزن: تمامی مقایسه ها در فرآیند تحلیل سلسله مراتبی به صورت مقایسه دو به دوئی (Pare-Wise) انجام می گیرد. در این روش برای درجه بندی اولویت های نسبی در رابطه با

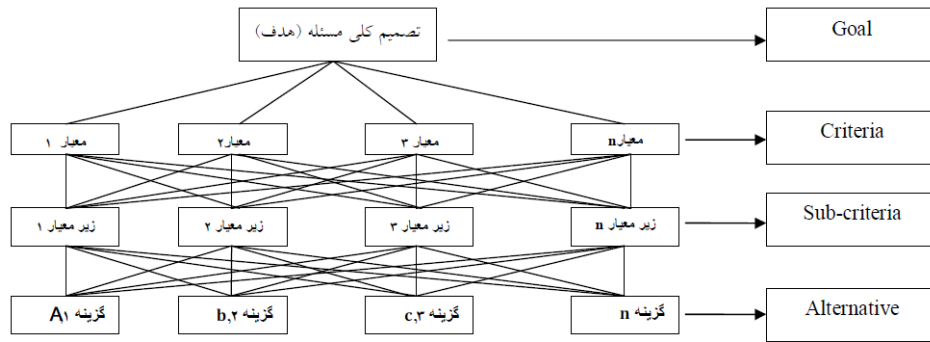
شهرسازی و متخصصان رشته ژئومورفولوژی) در ارتباط با شناختی که در زمینه معیارها و عوامل موثر منطقه داشته اند، استفاده شده و همچنین با توجه به شناخت منطقه و مطالعات کتابخانه ای در ارتباط با ویژگی های منطقه مورد مطالعه و در نظر گرفتن قابلیت ها و تنگناهای آن در محدوده مورد نظر اولویت بندی معیارها و وزن دهی روی آنها صورت گرفته است.

در هر تصمیمی تعدادی معیار در نظر گرفته می شود. چنانچه معیارها کمی باشند روش های متنوع ریاضی برای حل آن ها وجود دارد ولی اگر کیفی باشند، نیاز به روش های خاصی دارند. در بسیاری از مسائل معیارهای تصمیم گیری هم کیفی و هم کمی اند. لذا در برخورد با این مسائل باید روشی را اتخاذ کرد که بیشترین مزیت را برای معیارها دارد. این روش تصمیم گیری به روش های تصمیم گیری با معیارهای چندگانه معروف است (اصغرپور، ۱۳۷۷). روش AHP به عنوان یکی از فنون روش های تصمیم گیری چندمعیاره، هنگامی که عمل تصمیم گیری با چند گزینه رقیب و معیار تصمیم گیری همراه بوده مورد استفاده می باشد (آذر، ۱۳۷۴).

این روش امکان فرموله کردن مسأله را به صورت سلسله مراتبی فراهم می کند و همچنین امکان در نظر گرفتن معیارهای مختلف کمی و کیفی را در مسأله را دارد. این فرآیند گزینه های مختلف را در تصمیم گیری دخالت داده و امکان تحلیل حساسیت روی معیارها و زیرمعیارها را دارد. علاوه بر این بر مبنای مقایسه ی زوجی بنا نهاده شده که قضاوت و محاسبات را تسهیل می بخشد، همچنین میزان سازگاری و ناسازگاری تصمیم گیری را نشان می دهد که از مزایای ممتاز مدل تحلیل سلسله مراتبی در تصمیم گیری چند معیاره می باشد. در واقع می توان گفت شامل سه

ارجحیت برابر است در نتیجه می توانیم ارزش های یک را در قطر اصلی ماتریس مقایسه های دوبه دو قرار دهیم. پس از انجام این مرحله می توانیم شروع به محاسبه ی وزن های معیار نمائیم (مالچفسکی، ۱۳۸۵).

دوبه دوئی معیارها از یک مقیاس پایه ای که مقادیر آن از یک تا نه متغیر است، استفاده می شود. در این هنگام باید توجه شود که هر چیزی وقتی با خودش مقایسه می شود مقیاس ارزیابی باید برابر یک باشد. این نمره بیانگر معیارهایی با



شکل ۲- یک نمونه کلی از ساختمان سلسله مراتبی

تمامی سطوح سلسله مراتبی می شود استفاده خواهد شد (پورطاهری، ۱۳۸۹، ص ۸۲) (رابطه ۳).

$$j = \sum_{k=1}^n \sum_{i=1}^m w_k w_i (g_{ij}) \quad \text{رابطه (۳)}$$

۳- محاسبه ی نرخ سازگاری: اهمیت مدل تحلیل سلسله مراتبی علاوه بر ترکیب سطوح مختلف سلسله مراتب تصمیم و در نظر گرفتن عوامل متعدد در محاسبه ی نرخ سازگاری (CR) است. نرخ سازگاری مکانیزمی است که سازگاری مقایسات را مشخص می کند. این مکانیزم نشان می دهد که تا چه اندازه می توان به اولویت های حاصل از اعضا گروه و یا اولویت های جداول ترکیبی اعتماد کرد. بر طبق مدل اگر نرخ سازگاری (CR) ۰/۱ یا کمتر باشد. می توان داوری ها را خوب و وزن ها را قابل اعتماد دانست در غیر این صورت تحلیل گر باید به مراحل قبل برگردد و مجدداً به بازبینی داوری ها

محاسبه وزن در AHP در دو قسمت جداگانه که یکی محاسبه وزن نسبی و دیگری محاسبه وزن نهائی می باشد. با توجه به آن که قبلاً بیان شد در فرآیند تحلیل سلسله مراتبی ابتدا عناصر به صورت زوجی مقایسه شده است. حال با مشخص بودن a_{ij} ها می خواهیم وزن عناصر، یعنی w_i ها را بدست آوریم (رابطه ۱ و رابطه ۲).

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & a_{nn} \end{bmatrix} \quad \text{رابطه (۱)}$$

رابطه (۲) $A = [a_{ij} n] \quad i, j = 1, 2, \dots, n$
وزن نهائی هر گزینه در یک فرآیند سلسله مراتبی از مجموع حاصل ضرب اهمیت معیارها در وزن گزینه ها بدست می آید (قدسی پور، ۱۳۸۸) برای این کار از تابع به عنوان اصل ترکیب سلسله مراتبی توماس ساعتی که منجر به یک بردار اولویت، با در نظر گرفتن همه ی قضاوت ها در

$$\gamma = \frac{1}{n} \left[\sum_{i=1}^n i = 1(Aw_j) / w_j \right] \quad \text{رابطه (۴)}$$

۳- محاسبه ی شاخص سازگاری (CI) از معادله ی زیر:

$$CI = (\gamma - n) / (n - 1) \quad \text{رابطه (۵)}$$

۴- محاسبه ی نسبت CI به RI یا شاخص اعداد تصادفی که با توجه به n محاسبه می شود. شاخص اعداد تصادفی (RI) هر یک از n ها در جدول (۱) آمده است.

بپردازد (سرور، ۱۳۸۳، ص ۱۷). برای محاسبه ی نرخ سازگاری با توجه به تحقیقات متعدد بهترین روش شناخته شده استفاده از بردارهای ویژه است. مراحل محاسبه ی نرخ سازگاری در این روش شامل موارد زیر است:

۱- محاسبه ی حاصل ضرب ماتریس (A) در بردار وزن های شاخص ها (w) است.

۲- محاسبه ی لاندا (λ) از معادله ی زیر:

جدول ۱- شاخص اعداد تصادفی n

N	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹
RI	۰	۰	۰/۵۸	۰/۹	۱/۱۲	۱/۲۴	۱/۳۲	۱/۴۱	۱/۴۵
N	۱۰	۱۱	۱۲	۱۳	۱۴	۱۵			
RI	۱/۴۹	۱/۵۱	۱/۴۸	۱/۵۶	۱/۵۷	۱/۵۹			

و تحلیل داده و اطلاعات صورت گرفته است. فرایند تحلیل سلسله مراتبی یکی از سیستم های تصمیم گیری برای معیارهای چندگانه است که بر پایه دانش کارشناسی استوار می باشد. در این فرایند می توان گزینه های مختلف را در تصمیم گیری دخالت داد و امکان تحلیل حساسیت روی پارامترها وجود دارد. این مدل برپایه مقایسه زوجی بوده و یکی از مزایای بالای آن محاسبه نرخ سازگاری بوده که با مشخص شدن آن امکان تجدید نظر در قضاوت ها به وجود می آید. فرایند شناسایی عناصر و ارتباط بین آنها منجر به ایجاد یک ساختار سلسله مراتب می شود. در بالاترین سطح سلسله مراتب هدف وجود دارد که در این تحقیق پهنه بندی تناسب زمین توسعه آتی شهر دیواندره هدف مورد نظر است. در سطح دوم معیارها وجود دارند که شامل ۸ شاخص تعیین شده جهت ارزیابی می باشد. این شاخص ها در مرحله بعد جدول ماتریس را تشکیل می دهند که

وقتی CI/RI برابر با صفر باشد داوری کاملاً سازگار است. هر قدر ناسازگاری بیشتری در داوری ها ایجاد شود نسبت مذکور بزرگتر می شود. بنابراین شاخص سازگاری (CR) از نسبت CI بر RI بدست می آید. (سرور، ۱۳۸۳).

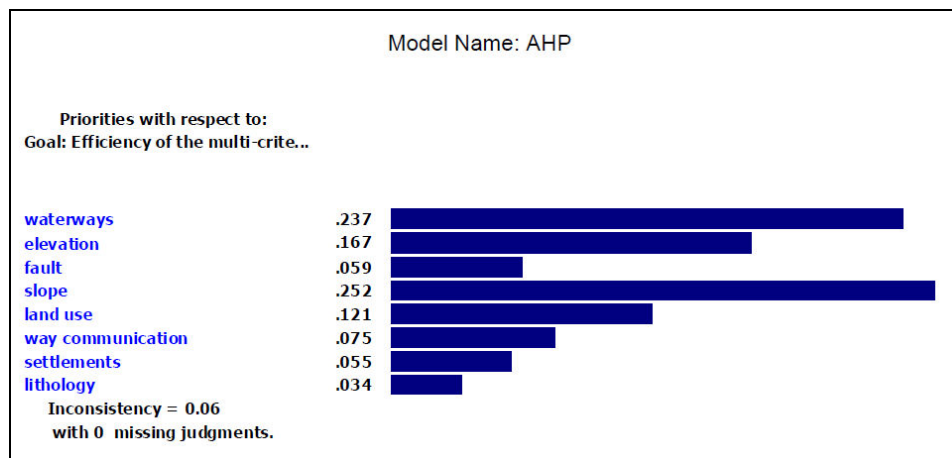
در این پژوهش فرایند مذکور به صورت تلفیقی در قالب نرم افزار Expert Choice 2000 و سامانه اطلاعات جغرافیایی جهت شناسایی پهنه های اولویت دار توسعه آتی شهر دیواندره و تهیه نقشه تناسب زمین شهری اجرا شده است.

نتایج

جهت پهنه بندی تناسب زمین شهری ۸ معیار موثر بر اساس فاکتورهای توپوگرافی و ژئومورفیک و برخی عوامل مرتبط با این معیارها که تاسیسات انسانی (راه ارتباطی و سکونتگاه) را در برمی گیرد، استفاده شده است. بر اساس این عوامل و با روش تصمیم گیری چند معیاره در محیط GIS ارزیابی

(ژئومورفولوژی) به اظهار نظر (اولویت بندی و وزن دهی) در ارتباط با متغیرهای مورد مطالعه مبادرت ورزیدند. بعد از مرحله وزن دهی و قبل از به کارگیری وزن‌ها بایستی نسبت به سازگاری مقایسات اطمینان حاصل شود و نرخ سازگاری^۴ محاسبه شود. در تحلیل شاخص سازگاری این مقدار باید کمتر از ۰/۱ باشد که در این صورت از سازگاری قابل قبولی برخوردار است، در غیر این صورت باید در مقایسات تجدید نظر به عمل آید. نرخ سازگاری مربوط به وزن‌های نسبی معیارها در این تحقیق ۰/۰۶ می‌باشد که وضعیت قابل قبولی را نشان می‌دهد (شکل ۳).

مقایسه زوجی روی آن‌ها بر اساس درجه ارجحیت ارزش‌گذاری می‌شوند. جهت مقایسه زوجی معیارها در نرم افزار Expert Choice 2000 سه روش کلامی، ماتریسی و گرافیکی وجود دارد که از روش ماتریسی برای مقایسه زوجی معیارها استفاده شده است. مقادیر ترجیحی در مقایسه دو به دوئی بر اساس نظر کارشناسی مبتنی بر شناخت عوامل در ارتباط با هدف و شناخت منطقه مورد مطالعه در نظر گرفته شده است. کارشناسان مورد نظر در زمینه های منابع طبیعی، زمین شناسی، برنامه ریزی شهری، مسکن و شهرسازی و حیطه تخصصی محققین



شکل ۳- محاسبه وزن نسبی معیارها و نرخ سازگاری آن‌ها در نرم‌افزار Expert Choice

می‌باشد. کم اهمیت ترین معیار، لایه لیتولوژی با وزن نسبی ۰/۰۳۴ بوده که این امر به سبب قرار گرفتن منطقه مورد مطالعه بر روی سازندهایی است که خطر وقوع مخاطرات ناشی از آن به مراتب خیلی کم می‌باشد. معیار فاصله از سکونتگاه به دلیل حاکمیت وضعیت توپوگرافی در فرایند توسعه شهری و معیار فاصله از گسل نیز با وجود اینکه اهمیت خاصی در مطالعات برنامه-ریزی شهری دارد، به سبب استقرار کل شهرستان در پهنه لرزه‌خیزی با شدت کم و فرعی بودن

با توجه به وزن نسبی معیارهای اصلی حاصل از این روش مشخص شد که شیب (با وزن ۰/۲۵۲)، فاصله از آبراهه (با وزن ۰/۲۳۷) و ارتفاع (با وزن ۰/۱۶۷) به ترتیب مهمترین عوامل تاثیرگذار بر روند توسعه شهری تعریف شده‌اند. اهمیت زیاد این عوامل ناشی از قرارگیری منطقه مورد مطالعه در ارتفاع بیش از ۱۷۰۰ متر و حالت دره‌ای بودن شهر و احتمال وقوع مخاطرات ناشی از آن همچون یخبندان، سیل و هزینه‌های کلان در ارتباط با پی‌ریزی سازه‌ها و خدمات‌رسانی شهری

گرفت. سپس با تشکیل جدول ماتریس، مقایسه زوجی بین هرکدام از زیر معیارها صورت گرفته و به صورت اعداد اعشاری کمتر از ۱ و جمع معادل عدد ۱ ایجاد شده‌اند (جدول ۲). نرخ سازگاری در تمامی جداول ماتریس زیرمعیارها کمتر از ۰/۷ بوده است.

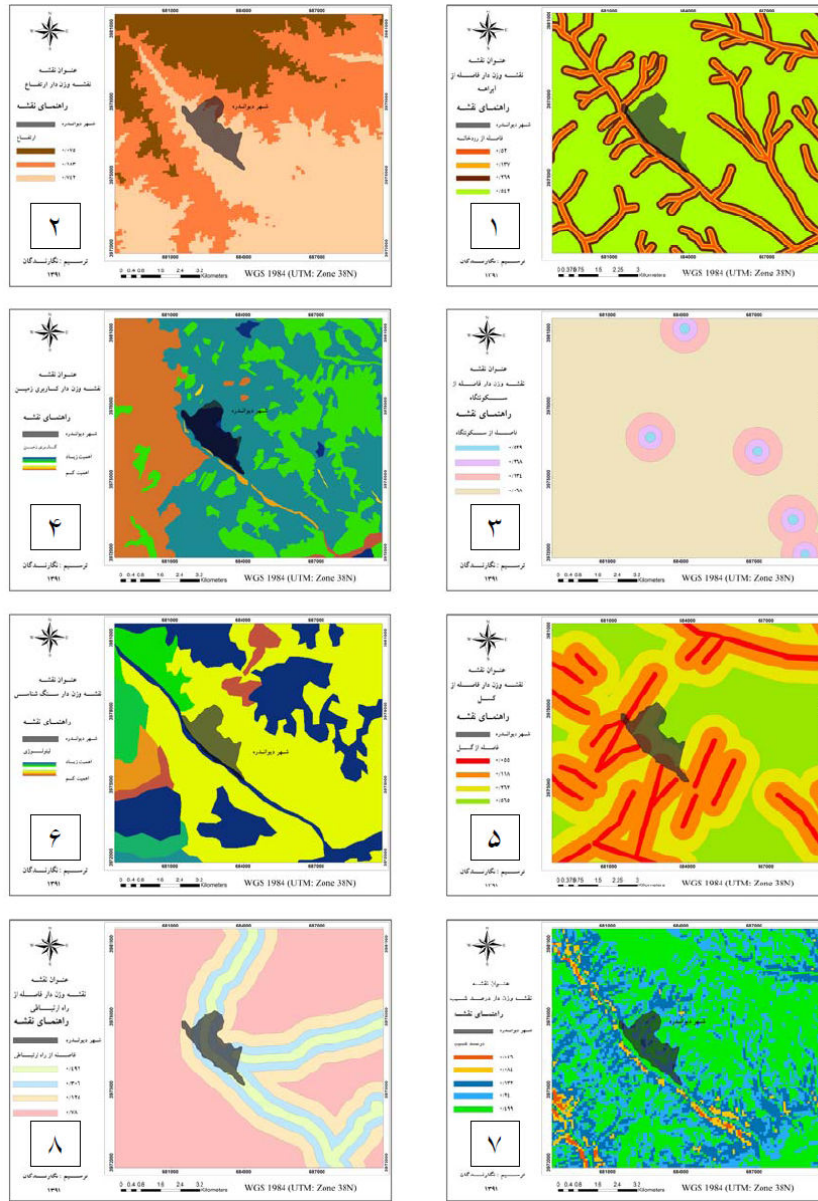
بسیاری از گسل‌ها نقش کمتری نسبت به سایر عوامل در ارتباط با گسترش شهر دارند. در سطح دوم درخت سلسله مراتبی زیرمعیارها وجود دارند. با در نظر گرفتن تاثیر هرکدام از معیارهای اصلی و مطالعه و شناسایی آن‌ها در محدوده مطالعاتی، طبقه‌بندی روی آن‌ها انجام

جدول ۲- ضرایب حاصل از مقایسه زوجی زیرمعیارها در ارتباط با هر کدام از شاخص‌های اصلی

زمین کشاورزی	بستر رودخانه		باغ و درختکاری	اراضی پرشیب	اراضی کم شیب	مناطق روستایی	اراضی شهری
Ksh	Mgl	K1	Qal	Mq-s	Ktv	QT1	PIQmc
۰/۱۱۳	۰/۰۳۴		۰/۰۵۹	۰/۰۸۱	۰/۱۴۷	۰/۲۳	۰/۳۳۶
۰/۲۰۵	۰/۰۵۸	۰/۰۴۳	۰/۰۲۷	۰/۱۳۷	۰/۱۷۲	۰/۲۷۹	۰/۰۷۹
بیش از ۱۹۰۰ متر		۱۸۰۰-۱۹۰۰ متر			۱۷۲۴-۱۸۰۰ متر		
۰/۰۷۵		۰/۱۸۳			۰/۷۴۲		
بیش از ۵۰ درصد		۲۰-۵۰ درصد		۱۰-۲۰ درصد		۵-۱۰ درصد	
۰/۰۴۶		۰/۰۸۴		۰/۱۳۲		۰/۴۹۹	
بیش از ۲۰۰ متر		۲۰۰ متر		۱۰۰ متر		۵۰ متر	
۰/۰۵۴		۰/۲۶۹		۰/۱۳۷		۰/۰۵۲	
بیش از ۱۰۰۰ متر		۱۰۰۰-۵۰۰ متر		۵۰۰-۲۰۰ متر		۲۰۰ متر	
۰/۰۷۸		۰/۱۲۵		۰/۳۰۶		۰/۴۹۲	
بیش از ۱۰۰۰ متر		۱۰۰۰-۵۰۰ متر		۵۰۰-۲۰۰ متر		۲۰۰ متر	
۰/۰۶۸		۰/۱۳۴		۰/۲۶۸		۰/۰۵۲۹	
بیش از ۱۰۰۰ متر		۱۰۰۰-۵۰۰ متر		۵۰۰-۱۰۰ متر		۱۰۰ متر	
۰/۰۶۵		۰/۲۶۲		۰/۱۱۸		۰/۰۵۵	

از شاخص‌های اصلی اضافه شده و سپس بر اساس فیلد وزندهی طبقه‌بندی روی لایه‌ها انجام گرفت (شکل ۴).

در مرحله بعد وزن زیرمعیارهای حاصل از مدل تحلیل سلسله مراتبی به عنوان فیلد وزندهی در نرم‌افزار Arc GIS 10 به جدول اطلاعاتی هرکدام



شکل ۴- لایه‌های وزن دار حاصل از مقایسه زوجی زیرمعیارها: (۱) فاصله از آبراهه (۲) ارتفاع (۳) فاصله از سکونتگاه (۴) کاربری زمین (۵) فاصله از گسل (۶) سنگ شناسی (۷) درصد شیب (۸) فاصله از راه ارتباطی

وزن‌های مربوطه ضرب شده و در نهایت عمل جمع روی آن‌ها انجام گرفته است (رابطه ۶).

جهت هم‌پوشانی لایه‌ها از ابزار Raster Calculator استفاده شده و لایه‌های وزن دار (حاصل از مقایسه زوجی زیرمعیارها) در هر کدام از

رابطه (۶)

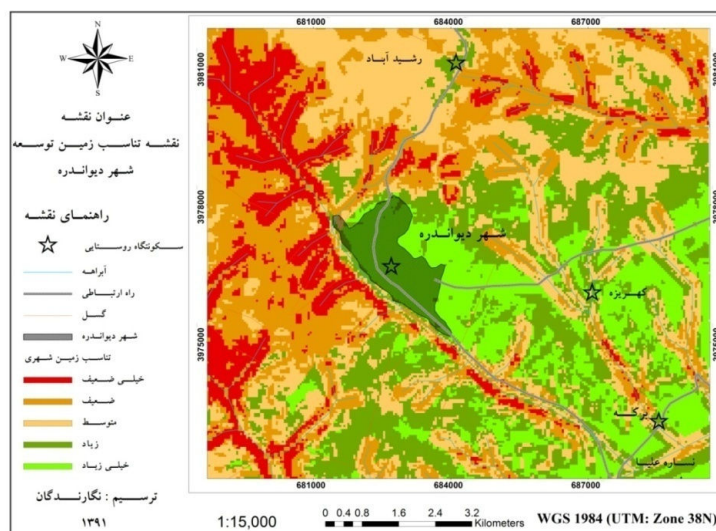
$$\text{Final map} = (\text{"settlements"} * 0.055) + (\text{"Rah communication"} * 0.075) + (\text{"River"} * 0.237) + (\text{"Fault"} * 0.059) + (\text{"lithology"} * 0.034) + (\text{"land use"} * 0.121) + (\text{"dem"} * 0.167) + (\text{"Slope"} * 0.252)$$

سامانه اطلاعات جغرافیایی و تحلیل مشتمل بر تصمیم‌گیری چند معیاره (MCDM)، روش تحلیل سلسله مراتبی (AHP) و نرم‌افزار Arc GIS 10 به عنوان ابزار کار جهت پهنه‌بندی تناسب زمین شهری انتخاب شد. بعد از تهیه لایه‌های مورد نظر و تعیین سیستم مختصات با استفاده از وزن‌های نسبی حاصل از مدل AHP، لایه‌های وزن‌دار ایجاد شده و عمل هم‌پوشانی روی آن‌ها صورت گرفته است. حاصل کار تهیه نقشه پهنه‌بندی تناسب زمین بوده که به ۵ کلاس طبقه‌بندی با روش شکستگی‌های طبیعی انجام گرفت (شکل ۵).

با توجه به رابطه (۶) لایه‌های درصد شیب، فاصله از رودخانه و مدل رقومی ارتفاعی بیشترین تاثیر را به لحاظ تنگناها و قابلیت‌های توسعه آتی شهر دیواندره داشته و شناسایی پهنه‌های تناسب زمین عمدتاً ناشی از این عوامل بوده که به عنوان وضعیت توپوگرافی منطقه مطالعاتی در نظر گرفته می‌شوند.

نتیجه‌گیری

با استناد به شناسایی عوامل تاثیرگذار در روند توسعه آتی شهر دیواندره به عنوان یکی از شهرهای کوهستانی کشور با استفاده از ترکیب



شکل ۵- نقشه پهنه‌بندی تناسب زمین جهت توسعه آتی شهر دیواندره با استفاده از مدل AHP

خلاف آن ۴۱/۵ درصد از کل محدوده مطالعاتی (معادل ۴۸/۹ کیلومتر مربع) جهت توسعه آتی شهر نامساعد و بحرانی شناخته شده و سایر مناطق (۳۵/۷۵ کیلومتر مربع) وضعیت متوسطی را در بر می‌گیرد (جدول ۳).

با در نظر گرفتن پهنه‌های تناسب زمین و طبقات مربوط به هر کدام از آن‌ها در نقشه نهایی می‌توان نتیجه گرفت که ۲۸/۲ درصد از منطقه مورد مطالعه (معادل با ۳۳/۸ کیلومتر) در طبقات تناسب زیاد و خیلی زیاد قرار گرفته است. بر

جدول ۳- مقادیر تناسب زمین جهت توسعه آتی شهر دیواندره با استفاده از مدل AHP

مقادیر پهنه‌های تناسب زمین در شهر دیواندره با مدل فرایند تحلیل سلسله مراتبی		طبقات تناسب زمین
مساحت به Km ²	درصد مساحت	
۱۵/۱	۱۲/۸	خیلی زیاد
۱۸/۷۲	۱۵/۴	زیاد
۳۵/۷۵	۳۰/۳	متوسط
۳۰/۱	۲۵/۵	ضعیف
۱۸/۸	۱۶	خیلی ضعیف

جهت مطالعات و برنامه ریزی توسعه فیزیکی شهر در کنار عوامل اقتصادی، اجتماعی و سیاسی به عوامل طبیعی به عنوان بستر اصلی مطالعه شهر توجه شود. و علاوه بر معیارهای در نظر گرفته شده به سایر عوامل همچون جنس زمین، وضعیت خاک‌شناسی، نفوذپذیری زمین و آب‌های زیر زمینی منطقه اهمیت داده شود. به منظور شناسایی مکان‌های مناسب توسعه آتی شهر از سایر روش‌ها مانند شبکه عصبی، هوش مصنوعی، و فازی سازها استفاده شود.

برای مصون ماندن از خطر سیل، مطالعات جامع آبخیزداری و فرسایش خاک در حوضه بالادست شهر (حوضه چوبلاغ) صورت گیرد و اقدامات لازم جهت مهار و کنترل سیلاب صورت گیرد. جهت ساخت و ساز شهری مطالعاتی توسط ارگان‌های مرتبط انجام گرفته و حریم دقیق رودخانه مشخص شود.

در نهایت پیشنهاد می‌شود که جهت توسعه فیزیکی آتی شهر در برنامه‌ریزی‌های مربوط به توسعه شهر بخش‌های شرقی و جنوب‌شرق محدوده کنونی شهر دیواندره در اولویت قرار گیرد.

نکته قابل توجه پراکندگی پهنه‌های مساعد توسعه شهری هستند که در صورت نظر از پهنه‌های با مساحت ناچیز می‌توان گفت که حدود ۲۵ درصد از کل منطقه مورد مطالعه وضعیت مطلوبی را در ارتباط با ساخت و ساز شهری و گسترش آن شامل می‌شود. پهنه‌های مناسب زمین بیشتر در بخش‌های شرقی و جنوب‌شرقی محدوده کنونی شهر دیواندره واقع شده است. قابلیت‌های زمین این نواحی در درجه اول ناشی از استقرار در شیب مناسب (کمتر از ۶ درصد)، ارتفاع کمتر از ۱۸۰۰ متر و دوری از حریم پرخطر آبراهه‌ها می‌باشد. بر خلاف آن وضعیت نامناسبی که در نواحی غربی و شمالی منطقه دیده می‌شود ناشی از قرارگیری در مناطق مرتفع، شیب زیاد و همجواری با حریم آبراهه‌ها و گسل‌ها بوده است. به طوری که در بخش‌های غربی مجموعه این عوامل شرایط کاملاً نامساعدی را جهت توسعه آتی شهر دیواندره فراهم کرده است.

پیشنهادات

- آذر، ع. ع.، ۱۳۷۴. AHP تکنیکی نوین برای تصمیم‌گیری گروهی، مجله دانش مدیریت، شماره ۲۷ و ۲۸، دانشگاه تهران، ۲۲۰ ص.
- اصغریور، م. ج.، ۱۳۷۷. تصمیم‌گیری‌های چندمعیاره، چاپ اول، انتشارات دانشگاه تهران، ۳۱۰ ص.
- پورطاهری، م.، ۱۳۸۹. کاربرد روش‌های تصمیم‌گیری چندشاخصه در جغرافیا، انتشارات سمت، چاپ اول، تهران، ۴۳۵ ص.
- توپچی ثانی، ع.، ۱۳۸۹. تعیین پهنه‌های توسعه بهینه کالبدی دهکده فرهنگی تفریحی زاینده رود (پسکرانه شهر اصفهان) با استفاده از روش فرایند تحلیل سلسله مراتبی، فصلنامه جغرافیا و مطالعات محیطی، شماره ۳، ص ۹۵-۱۰۴.
- حسینی، ه.، ۱۳۹۰. ارزیابی ژئومورفولوژیکی تناسب زمین جهت توسعه فیزیکی شهر دیواندره با استفاده از مدل منطق فازی و فرایند تحلیل سلسله مراتبی در محیط GIS، رساله کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت معلم، ص ۵۳-۵۶.
- رجائی، ع.، ۱۳۸۷. کاربرد جغرافیای طبیعی در برنامه ریزی شهری و روستائی، انتشارات سمت، چاپ دوم. تهران، ۲۷۵ ص.
- رهنما، م. ر.، شکوهی، م. ا.، آجودانی، م.، آقاجانی، ح.، عباس‌زاده، غ. ر.، و امیر فخریان، م.، ۱۳۸۷. کاربرد تلفیقی AHP و GIS برای شناسائی نقاط اولویت‌دار توسعه محلات مرکزی؛ نمونه موردی محله پاچنار شهر مشهد، مجله جغرافیا و برنامه‌ریزی، شماره ۲۶، ص ۱-۲۷.
- روستائی، ش.، و جباری، ا.، ۱۳۸۶. ژئومورفولوژی مناطق شهری، انتشارات سمت، چاپ اول، ۳۱۸ ص.
- سازمان هواشناسی استان کردستان، ۱۳۸۸. آمارنامه داده‌های اقلیمی.
- سرور، ر.، ۱۳۸۳. استفاده از روش ای.اچ.پی در مکان‌یابی جغرافیائی؛ مطالعه موردی: مکان‌یابی جهت توسعه آتی شهر میاندوآب، مجله پژوهش‌های جغرافیائی، شماره ۴۹، ص ۱۹-۳۸.
- صدوق ونینی، س. ح.، توکلی‌نیا، ج.، و زارعی، ا.، ۱۳۸۶. پهنه‌بندی زمین برای توسعه فیزیکی شهر شیراز با GIS و RS، نشریه فنی سازمان جغرافیائی وزارت دفاع و پشتیبانی نیروهای مسلح، شماره ۷۲.
- طرح توسعه و عمران (جامع) شهرستان دیواندره، ۱۳۸۷. مهندسان مشاور بوم نگاران پارس.
- عبداللهی، ع. ا.، ۱۳۸۳. بررسی روند الگوی توسعه فیزیکی و تعیین مکان بهینه جهت توسعه شهر کنگان با استفاده از منطق بولین و AHP، رساله کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت معلم تهران.
- قدسی‌پور، س. ح.، ۱۳۸۸. مباحثی در تصمیم‌گیری چندمعیاره، انتشارات دانشگاه صنعتی امیرکبیر، چاپ هفتم، ۲۷۸ ص.
- قنواتی، ع.، ا.، کرم، ا.، و آقاعلیخانی، م.، ۱۳۹۰. کاربرد روش تحلیل سلسله مراتبی در مطالعات سیل‌خیزی، مجله جغرافیا، شماره ۳۱، ص ۲۷۶-۲۵۵.
- کرم، ا.، ۱۳۸۴. کاربرد روش تحلیل سلسله مراتبی در ارزیابی زمین برای توسعه کالبدی بر پایه عوامل طبیعی؛ مطالعه موردی مجموعه شهری شیراز، مجله علوم جغرافیایی، شماره ۱۱، ص ۳۳-۵۴.
- کرم، ا.، و محمدی، ا.، ۱۳۸۸. ارزیابی و پهنه‌بندی تناسب زمین برای توسعه فیزیکی شهر کرج و اراضی پیرامونی بر پایه فاکتورهای طبیعی و روش فرایند تحلیل سلسله مراتبی، فصل نامه جغرافیای طبیعی، شماره ۴، ص ۳۵-۴۶.

کرج، مجله کاربرد سنجش از دور و GIS در علوم منابع طبیعی، شماره ۲، ص ۸۷-۹۸.

- مالچفسکی، ی.، ۱۳۸۵. ترجمه: اکبر پرهیزکار و عطا غفاری گیلانده، "سامانه اطلاعات جغرافیائی و تحلیل تصمیم چندمعیاری"، انتشارات سمت، چاپ اول، ص ۳۱۵.

approach to AHP decision marking. Statistical Mechanics and its Applications, v. 387(15), p. 3982-3986.

-Topcu, D., and Ilker, Y., 2007. Multiple criteria decision making. www.is1.itu.edu.tr/.../topcuil/.

- Xiong, Y.C., Zeng, G.M., Chen, G.Q., Tanglin, W., K.L., and Huang D.Y., 2007. "Combining AHP with GIS in synthetic evaluation of eco-environment quality: A case study of Hunan province. Ecological Modeling. 209: P-P 97-109.

- ولیخانی، ن.، چرخایی، ا. ح.، خیرخواه زرکش، م.، و سلطانی، م. ج.، ۱۳۹۰. کاربرد سیستم اطلاعات جغرافیایی و تصمیم‌گیری چندمعیاره (MCDM) در پهنه‌بندی درجه تناسب توسعه فیزیکی اراضی شهری؛ مطالعه موردی شمال شهر

- Dai, F., Lee, C.F., Zhang, X.H., 2001. GIS-based eo-environmental evaluation for urban land-use planning: case study. Engineering Geology, v.33, p. 257-271.

- Ghanavati, E., 2008. Landslide in jajrod river basin using analytical hierarchy process method. International workshop on earth observations and remote sensing applications at Beijing, China, v. , p.356-369.

- Gomes, E., and Estallialins, M., 2002. Integration Geographical Information System and multi criteria methods: A case study.. Annals of Operation Research, v.116, p. 243-269.

- Hill, M.J., and Brateen, R., 2005. "Multi-criteria decision analysis in spatial decision support: The ASSESS analytic hierarchi process and the rule of quantitative methods an spatially explicit analysis". Environmental Modeling and Software, v.20, p. 955-976.

- Lotfi, S., Habibi, K., and Koohsari, M.J., 2009. An analysis of urban land development using multi-criteria decision model and geographical information system: A case study of babolsar city. American Journal of Environmental Sciences, v.5, p.87-93.

- Szczypińska, A., and Piotrowskis, E. W., 2008. Projective market model